中学第一分野　**身近な素材でできる静電気教具の開発とその活用**

滋賀県伊吹町立伊吹山中学校　岩　田　敏　彦*
(業績分担者)滋賀県大津市立日吉中学校　山中　一仁**
(業績分担者)滋賀県立栗東高等学校　中川　数仁***
(業績分担者)滋賀県中主町立中主中学校　山岡　慶子****
(業績分担者)滋賀県能登川町立能登川中学校　國領　正博*****
(業績分担者)滋賀県木之本町立木之本中学校　田中　玄伯******

目　的

中学第一分野における『静電気』の取り扱いが大きく変わった。これまでは「力」の単元で、空間を隔てて働く力の例として扱われてきたが、「電流」の導入単元として静電気が取り上げられるようになった。ここでは、帯電した物体間では空間を隔てて力が働くことに加えて、静電気と電流は関係があることを見いだすことも大きなねらいのひとつになった。

電流の学習では、分析的な手法によって規則性を見いだすことや、いろいろな法則を扱った計算などがあり、中学生にとっては、苦手な領域のひとつである。電流の導入単元である静電気の学習では、いかに生徒に興味・関心を引き出すかが、今後の電流の学習に大きく影響を与えるものと考える。

そこで、生徒が興味・関心をもち、科学的な原理や仕組みについて楽しみながら学べるように、身近な素材を利用して、生徒自ら作れ実験できる静電気発生装置などを開発した。

概　要

Ⅰ. 静電気を発生させるもの（静電気発生装置）

これは、容易に入手できるペットボトルやゴム栓など身近な材料を利用した、Van De Graaff方式の高圧静電気の発生装置である。手回しのものと、モーター駆動のものの2種類を製作した。

発生装置は、透明な素材を使用し内部の構造が一目で見え、組み立て分解が容易なものである。また、簡単な構造で、数万～十数万ボルトの高圧が生徒の手で簡単に作れる。発生装置によって得られた高圧静電気により、帯電、放電や静電気集塵作用などの現象を生徒が学ぶことができる。

1. 手回しバンデ君JrⅡ

これまでは、市販の発生装置を利用して、指導者が静電気の演示実験を行うことが多かった。

この手回しバンデ君JrⅡは、生徒自らが作り、実験することによって、つくる楽しさを体験することができ、製作物のなかに科学の原理や仕組みが生きていることから、試してわかることなど、手作りならではの効果を生むことができる（写真1)。

写真1　手回しバンデ君JrⅡ

* いわた　としひこ　滋賀県伊吹町立伊吹山中学校　教諭　〒521-0321 滋賀県坂田郡伊吹町高番387 ☎(0749)58-0044
** やまなか　かずひと　滋賀県大津市立日吉中学校　教頭　〒520-0105 滋賀県大津市下阪本六丁目38-26 ☎(077)578-0056
*** なかがわ　かずひと　滋賀県立栗東高等学校　教諭　〒520-3016 滋賀県栗東市小野618 ☎(077)553-3350
**** やまおか　けいこ　滋賀県中主町立中主中学校　教諭　〒520-2412 滋賀県野洲郡中主町六条377 ☎(077)589-2036
***** こくりょう　まさひろ　滋賀県能登川町立能登川中学校　教諭　〒521-1225 滋賀県神崎郡能登川町山路30 ☎(0748)42-0027
****** たなか　つねみち　滋賀県木之本町立木之本中学校　教諭　〒529-0425 滋賀県伊香郡木之本町木之本682 ☎(0749)82-2353

2. バンデ君（モーター駆動式）

この装置は、電極間隙が4～5cmであり、数万ボルト以上の火花放電電圧が得られ、いろいろな静電気の実験が可能なものである（写真2）。

写真2　バンデ君（右）と放電球（左）

3. 発電原理

摩擦帯電を利用したベルト発電機で、図1のように、ローラーとゴムベルトの間に摩擦が起こり、シリコンゴム栓のローラーBは正に帯電し、ゴムベルトは負に帯電する。その負に帯電したゴムベルト上の電荷は、ベルトの上昇によって上部に運び込まれ、上部集電板から帯電電極の表面に移される。次に上部ローラーAは負に帯電し、ゴムベルトは正に帯電して下部ローラーBの方向に下降し、下部集電板にその電荷は移る。そしてゴムベルトは再び下部ローラーBと摩擦帯電して上昇する。このように繰り返し、運び込まれた電荷が、次々と電極に蓄積されて大きな電位差に達する。
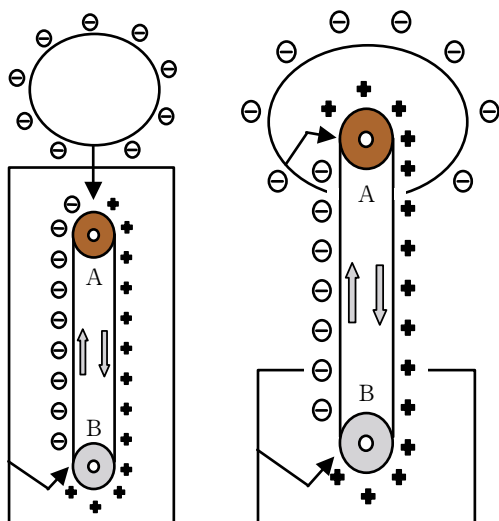
図1　発電原理

Ⅱ. 静電気の現象に関わるもの

1. 雷電ボード（雷放電実験器）

静電気の性質により引き起こされる身近な現象として、雷放電を取り上げた。誘導コイルを使ったものではなく、発生装置によってためられた静電気を放電させる実験の一つとして、雷放電実験器を製作した（写真3）。

写真3　雷電ボード（雷放電実験器）

2. ダストバスター（静電式空気清浄器）

日常生活の中で静電気を利用した身の回りのものとして、静電式空気清浄器を取り上げた。ペットボトルの中にクリップの鎖をつるし、ボトルの底にアルミの薄板を付けただけの簡単な装置であるが、静電気の性質やそのはたらきについて理解を深められる（図2）。
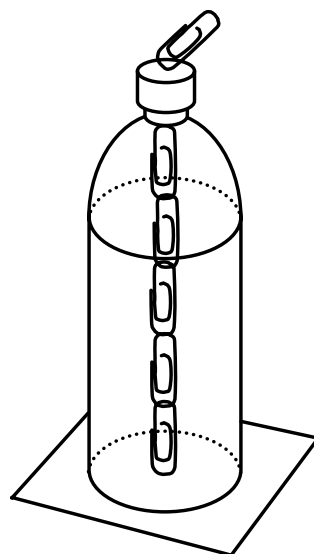
図2　ダストバスター（静電式空気清浄器）

教材・教具の製作方法

Ⅰ．手回しバンデ君 Jr Ⅱの製作

1. 構成

手回しバンデ君JrⅡは、下記部品から構成されている（図3)。

帯電電極［1］	上部集電板［2］
上部ローラー［3］	下部ローラー［4］
下部集電板［5］	ゴムベルト［6］
ハンドル［7］	アース［8］
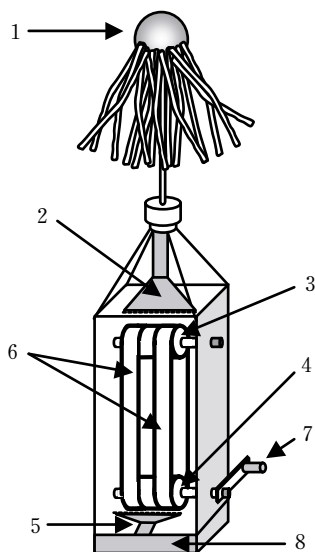
図3　手回しバンデ君JrⅡの構成図

2. 機構とその特徴

(1) 帯電電極［1］

①発泡スチロール球（φ50～75mm程度のもの）に竹くしをさし、アルミホイルで球の部分と竹くしの部分を包む。

②ティーバックやだしを入れる袋の紙を一端5mmほど、のりしろを残して、約4mm幅で切り込みを入れる。

③①の球に②の紙を貼り付ける。

④6号のゴム栓に竹くしを差し込み固定する。

(2) 集電板［2・5］

①アルミの食器皿を扇形に切り取り、ゴムベルト側の断面はギザギザにし、電荷を受け止めやすくしておく。

②上部集電板は帯電電極と、下部集電板はアースとそれぞれ接続しておく。

(3) ローラー［3・4］

①上部ローラーは、塩化ビニルパイプ（φ25×長さ100mm）またはフィルムケースを使用する。ボルト（φ6×長さ110mm）を軸として、ナットで固定する。

②下部ローラーは、8号のシリコンゴム栓4個を半分ずつに切り、大きい断面どうしを合わせ、太鼓型にする。これはゴムベルトの横滑り防止のためである。①と同様のボルトを軸として、ナットで固定する。

(4) ゴムベルト［6］

商品名は、オーバンド（折径180×切幅21×厚み1.1mm)。

(5) ハンドル［7］

チドリ直（1×15×50mm）にボルトナットを取り付ける。

(6) アース［8］

台所用アルミテープをペットボトルの下部に巻き、それに下部集電板を接続させる。

Ⅱ．バンデ君の工夫

静電気の実験をするにあたり、いちばん問題になるのが湿度である。この発生装置は、本体の側面に市販のドライヤーを差し込める口とふたを備え、内部を乾燥させることにより、湿気の多い雨の日でも十分に静電気が発生するように工夫した。また、モーター駆動式は高速回転のため、ゴムベルトが横滑りしローラーから外れやすくなる。それを防ぐため、上部ローラーの中央に5mm幅ほどの荷造り用布テープを厚さ3～4mm程度になるように巻き付けた（図4)。また、下部ローラーは2個のシリコンゴム栓で、それぞれ大きな断面を合わせ太鼓型にし、横滑りを防止した (図5)。
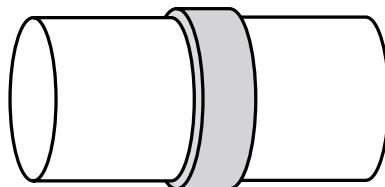
図4　上部ローラー
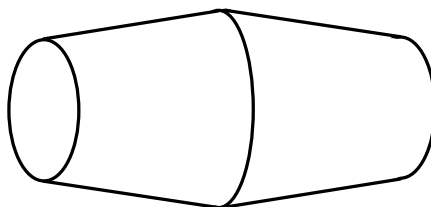
図5　下部ローラー

Ⅲ．雷電ボード（雷放電実験器）の工夫

アルミ食器皿あるいはアルミニウムの薄板で「雲と地面の模型」をつくり、それを2枚のアクリル板で挟み込んだものである。発生装置の負の電極を雲電極に、正の電極を地面電極に接続し放電させる。地面電極には、それぞれ建物の高低、避雷針の形（尖形、丸形）を変え、どのようなところに雷が落ちやすいかを比較できるように、避雷針付きの建物を4種類取り付けた。

学習指導方法

2600年前の琥珀、400年前のエレキテル、そして100年前のVan De Graaff式発生装置などを取り上げ、静電気の学習を展開した。

1．各班ごとに、琥珀をティッシュでこすり、小さな紙片に近づけてみる。これが最初の電気（静電気）の発見であったことなど説明する。

2．ストローと画用紙を使って、静電気回転羽根をつくり、空間を隔てて力が働くことなど静電気の性質について調べる。

3．エレキテルのモデルを使い、実際にハンドルを回させたり、内部を観察させたりして、静電気の起こる原理や構造を知る手がかりとする。

4．静電気発生装置『バンデ君』を使って、いろいろな実験を行う。

(1) 静電気をためる実験
①静電気をみてみよう（ネオン管で確認)。
②電極に紙を近づけてみよう。
③絶縁台の上に立って、手で電極に触れてみよう。

(2) 静電気を放電させる実験
④絶縁台の上の人と握手してみたら…。
⑤絶縁台の上の人が蛍光灯をもったら…。
⑥雷をつくろう。雷放電実験器『雷電ボード』

5．静電気の利用
⑦静電気で煙をなくそう（静電式空気清浄器)。

6．発展学習（写真4、5)
⑧静電気発生装置の製作（手回しバンデ君Jr Ⅱ)。
⑨静電気が起こるかいろいろ試してみよう。

写真4　手回しバンデ君Jr Ⅱの製作

写真5　手回しバンデ君Jr Ⅱの試行

実践効果

・手回しバンデ君Jr Ⅱでは、モーター駆動式のバンデ君の製作の簡素化、製作時間の短縮化を図り、身近な素材で、生徒の手でつくることができた。そのことによって、主体的な学習活動となり、静電気の本質を理解するのに、効果があったと考える。

・バンデ君を用いることにより、
①実験結果を明瞭に示すことができる。
②身近な素材であるので、生徒にとって原理について考える契機となり、かつ操作がしやすくなる。
③市販の教材よりも安価に製作することができる。
④いろいろな実験を行うことができる。
など、生徒にとって魅力的な実験装置となった。

・雷電ボードでは、突然稲妻が走り、「あっ見たよ、見たよ」「ほんまもんの雷みたい」という感動の声があがり、「尖ったところに落ちた」「高い家に走った」という声が聞こえてきた。この実験を通して、雷放電が「雷が落ちる」から「電気が流れている」という見方ができたように感じた。

・生徒の感想より
「空気清浄器がどういう仕組みでできていたか納得しました。私の家にあるもので仕組みのわからない道具も、いろいろとわかりやすくした実験をしたいです。」
　このように、日常生活の中の身近なものを科学的に考える態度を養うという点で有意義な教材となった（写真6)。

写真6　実験の様子

その他補遺事項

本研究は、平成13年度滋賀県総合教育センターの研修の成果である。科学教育担当吉村輝夫副主幹をはじめ多くの先生方と、授業をしていただいた五個荘町立五個荘中学校の伊藤壽子教諭・福山和哉教諭に、心より感謝します。

参考文献

1）岩田敏彦：今、なぜ自作教材教具なのか，滋賀県総合教育センター（2002）.
2）中学校で使える自作教材教具ア・ラ・カルト，滋賀県総合教育センター（2002）.
3）静電高圧発生装置VG-250形 取扱説明書，島津理化器械株式会社
4）板倉聖宣、塩野広次、吉川辰司、山田正男：電気となかよくなろう　前編，板倉研究室（1998）.
5）板倉聖宣、湯沢光男、由良文隆：電気となかよくなろう　後編，板倉研究室（1998）.
6）田中玄伯：化学と教育，日本化学会，**12**，817（2001）.
7）電磁気・原子編，三重県エレキテル研究会（1995）.
8）宮地祐司、小出雅之：大道仮説実験　びりりん，樂知ん研究所（2001）.